

[第15条, 第20条 : A 4 判]

論文内容の要旨

申請者氏名 竹中 孝博

運動イメージ方法が脊髄前角細胞の興奮に及ぼす影響と 慢性期片麻痺患者への介入効果の検討

【序論】

激しい身体活動を伴わない運動イメージ法（訓練）は身体的リスクが少なく、実際の運動に類似する学習効果があるとされておりリハビリテーションの分野に応用されてきている。運動イメージ（以下:MI）と運動実行（ME）は同様の神経機構を共有しており、様々な研究によってMIで脊髄前角細胞の興奮性を高めることが明らかになってきている。

リハビリテーション場面においてイメージする内容や訓練頻度などのMI方法論は現在のところ確立されていない。臨床場面では脳イメージング装置での検証は困難な場合が多いため、簡便に測定できる誘発筋電計を用いて脊髄前角細胞の興奮をMIによって効率的に高める方法を検討し、片麻痺患者に対してのMI介入の効果を検討することである。

【研究1】

1. 目的

日常生活では物を掴むなど機能的肢位で行うことが多い。本研究では手の肢位の違い（回外位と機能的肢位）でのMIが脊髄前角細胞の興奮性変化について比較検討することである。

2. 方法

右利き健常成人34名に対して、ボールを把持するMIを脊髄前角細胞の興奮性の指標であるF波を用いて短母指外転筋から測定した。条件は安静時、回外位安静、機能的安静、回外位MI、機能的MIで測定し、F/M振幅比を分析項目とした。

3. 結果

回外位安静の状態でもMIを行ってもF/M振幅比の増加に差は無いが、機能的安静の状態でもMIを行うと有意に向上した。MIを行う際は機能的肢位が効率的に興奮性を高められることが判明した。

【研究2】

1. 目的

研究1にて手法は明らかになったが、MI内容の具体的な方法論が課題である。MIを鮮明にするためには多様な感覚モダリティを通じた刺激が必要であり、質感までをイメージすることがリアルなMIとなり脊髄前角細胞をより興奮させると予測されるため、本研究ではイメージする際に把持する物の質感に着目して比較検討する。

2. 方法

右利きの現役野球投手14名に対して、F波の測定を3条件で行った。安静時、ボール把持MI、ボール把持質感MI（縫い目やボールの素材を知覚しながら把持するイメージ）とした。

3. 結果

安静時よりもMIでF/M振幅比が増加し、更にボール把持質感MIが有意に増大した。MIを効率的に働かせるためにはただ単に把持するMIでなく把持する物の質感までMIすることが重要であることが分かった。

【研究3】

1. 目的

研究2では、対象者が現役野球投手のため、課題特異的な作用が働いている可能性が考えられた。本研究で、野球未経験者においても同様にボールの質感イメージが脊髄前角細胞の興奮性増大に繋がるのかを検討する。

2. 方法

右利きの野球未経験者22名に対して、研究2と同様にF波の測定を3条件で行った。

3. 結果

安静時よりもMIでF/M振幅比が増加したが、ボール把持MIとボール把持質感MIでは差がなく、初めてボールに触れる者にとっては、よりリアルに握るイメージに繋がり難く、素材の質感までをイメージしても脊髄前角細胞の興奮性増大には繋がらない。リハビリテーション場面においては対象者の過去の経験などからイメージする課題内容を決定する必要性が示唆された。

【研究4】

1. 目的

第1～3研究にて健常成人を対象として、効率的に脊髄前角細胞の興奮性を増大させる手法やイメージ内容の具体的な方法論を手の肢位や質感イメージにて明らかにした。その知見を利用して慢性期の脳卒中片麻痺患者に対するMI介入の効果を明らかにし、身体的負荷のないオーダーメイドな新しいリハビリテーション手法を提言することである。

2. 方法

発症1年以上経過した慢性期の脳卒中患者を対象とし、介入群14名、対照群5名とした。初期評価時にメンタルローテーション課題、Bunnstrom Stage Test (Brs), 自覚的な手の動かしやすさ(VAS), modified Ashworth scale(MAS), 握力, イメージ前後のF波を麻痺手から測定した。その後自宅でのイメージトレーニングを行い2ヶ月後に再評価を行った。イメージ内容は過去に経験ありもう一度やりたい手作業イメージ課題として、その時の物品の質感までをイメージする事とした。対照群に対しては2ヶ月間アクリルコーンを握るイメージ課題とし、再評価後は介入群と同様の方法で更に2ヶ月行った。

3. 結果

介入群14名中の2名と、対照群5名中の1名は安静時F/M比が基準値の5%を超えていたため、除外した介入群12名(罹患期間 $1,436 \pm 954$ 日)対照群4名(罹患期間 $1,182 \pm 930$ 日)を分析対象とした。除外した3名は症例数が少ないため個別に検討した。

介入群、対照群の両群ともBrs, MAS, 握力は2ヶ月後の変化は無かった。F/M比は介入群で2ヶ月後にイメージする事で増加したが、対照群は差が無かった。その後対照群に対して介入群と同様のイメージ内容に変更して更に2ヶ月後の測定では増加した。VASの結果も同様に介入群では2ヶ月で動かしやすさが改善したが、対照群では変化が無かったもののその後介入群と同様のイメージ内容に変更すると2ヶ月後動かしやすさの改善がみられた。

除外した介入群の2名は初期時にイメージによって更にF/M比が増加したが、2ヶ月後は低下もしくは僅かな増加にとどまった。対照群の1名は2ヶ月後僅かな増加となり、更に2ヶ月後は低下した。また3名ともVASの改善がみられた。

発症から長期間経過していても、もう一度やりたい作業MIによって客観的な麻痺の改善は難しいが、主観的な動かしやすさは改善できる一定の効果があることが明らかとなった。

【総合考察】

効率的に脊髄前角細胞の興奮性を増大させる手法や方法論が本研究にて明らかとなった。慢性期脳卒中患者ではMIにより脊髄前角細胞の興奮性は増大するが、初めから過剰興奮状態にある場合は逆に過興奮を抑制し動きの改善に繋がった。ただし、MI内容次第では逆に痙性を高め過剰に脊髄前角細胞を興奮させてしまう恐れもあるため、リハビリテーション場面において、患者からの面接を通してMI課題内容を決定する必要性と重要性が示唆された。本研究にて得られた知見はリハビリテーションにおけるイメージ介入訓練に貢献すると考えられる。

発表論文

研究1：竹中孝博, 中角祐治：運動イメージ課題が脊髄前角細胞の興奮性に及ぼす影響 ―手の肢位の違いによる分析― 総合リハビリテーション 2017. 6. 16 採択済み 受付番号17031

研究2：Takahiro Takenaka, Yuji Nakazumi：Influence of Motor Imagery Incorporating Material Perception on Spinal Anterior Horn Cells International Journal of Neurorehabilitation 2017,4:2 DOI: 10.4172/2376-0281.1000263

氏 名：竹中 孝博

学 位 の 種 類：博士（保健学）

学 位 記 番 号：甲 第保－27

学位授与の日付：平成30年3月22日

学位授与の要件：学位規程第4条第3項該当（課程博士）

学位論文題目：運動イメージ方法が脊髄前角細胞の興奮に及ぼす影響と慢性期片麻痺患者への介入効果の検討

論文審査委員 主査：川上 照彦
副査：水谷 雅年
副査：服部 俊夫

審 査 結 果 の 要 旨

（1）研究の目的

運動イメージが脊髄前角細胞の興奮性に及ぼす影響を調べることで、より有効な運動イメージ法を見出すこと、そして、脳卒中後の片麻痺患者の運動機能回復に運動イメージが有用であることを明らかにすることである。

（2）研究の内容

より効果的な運動イメージの仕方を探るため、まず健常者を対象として、手を機能的肢位にした時に、脊髄前角細胞の興奮性を示す指標とされている誘発筋電位F波の振幅が増大されやすいことを明らかにしている。日常生活で手を使用する時、手が機能的肢位にあることが多いことから、随意運動を導きやすくなると考察している。

なお、F波は末梢神経を最大上の強度で電気刺激して記録される。この時A α 線維を逆行したインパルスが前角細胞を興奮させ、その興奮が軸索小丘の不応期を越えて持続する場合に順行性のインパルスが軸索小丘を通過して支配筋を興奮させ導出される。健常者ではその確率が1-5%であり、興奮した運動単位数を示す指標としての複合筋活動電位振幅は、F波がM波の1-5%になる。

次に、現役の野球投手では、ボールの縫い目を意識しながら運動イメージを行った時にF/M振幅比が増大しやすいことを見出している。そして、この現象は一般の健常者では生じにくいことも見出している。そのため、慣れている感覚を意識しながら運動イメージを行ったほうが、より効果的であることが証明されている。

脳卒中後の片麻痺患者においては、慣れ親しんだ動作を2か月間イメージしてもらい、その前後で麻痺・痙縮の程度、自覚的な動かしやすさ、F/M振幅比を調べている。その結果、客観的な麻痺の程度は変化しなかったが、自覚的な動かしやすさが改善していた。そして、F/M振幅比が増大していた。対象群として、アクリルコートを握るという単純な動作をイメージすることを2か月行った場合、有意な変化は認めず、同じ症例でその後2か月間、慣れ親しんだ運動イメージを行った後には、変化していた。

（3）評価

運動イメージによって脊髄前角細胞の興奮性が上がることが証明されている。そして、慣れ親しんだ動作をイメージすることが脳卒中後の運動機能を改善させる可能性があると考えられる。運動をイメージすることは、重度の麻痺例や運動負荷が制限されている患者にも安全に行うことができ、新規性があり、臨床場面で実用的な手法が見出されたと考えられる。

（4）本論文の問題点

発症後1年以上経った片麻痺患者を対象としており、より回復が期待できる急性期の患者が含まれていない。今後は症例数を増やし病期に応じた検討が必要で有る。また、今回観察されたF/M振幅比の増大現象は、逆行性入力により生じた前角細胞の興奮持続時間の延長を意味している。そのメカニズムとして、反回抑制に代表される髄節レベルの抑制性介在ニューロンを錐体外路系が賦活したと推定される。基底核等の錐体外路系が脳卒中で障害されている程度も考慮する必要がある。

（5）審査結果

問題点はあるものの、先駆的で臨床的に実践可能な内容を含んでおり、3名の審査担当者は博士の学位に値するものと判断した。